Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 2, June. July. 2018, p. 321- 334

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 2، خرداد - تیر 1397، ص. 334-321

اثر غلظت‌های مختلف مالتودکسترین و دماهای مختلف خشک‌کردن پاششی بر ویژگی‌های پودر عصاره ریزپوشانی شده سماق

نسرین ملکی‌زاده[1]- سیدهادی پیغمبردوست[2]*- عارف اولاد غفاری[3]- خشایار سرابندی[4]

تاریخ دریافت: 1395/10/02
تاریخ پذیرش: 1396/04/10

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت‌های مختلف مالتودکسترین افزوده شده در خشک‌کردن پاششی عصاره آبی سماق بر برخی ویژگی‌های پودر تولیدی بود. سماق یکی از ادویه‌های رایج مورد استفاده مردم است. به دلیل مشکلات میکروبی ناشی از نگهداری ادویه‌ها و نیز کاهش کیفیت ترکیبات عطر و طعمی و رنگی آن‌ها در طی نگهداری، ریزپوشانی ترکیبات زیست فعال موجود در عصاره ادویه‌ها راهکار مناسبی است که توسط پژوهشگران پیشنهاد شده است. خشک‌کردن پاششی از رایج‌ترین و اقتصادی‌ترین روش‌های ریزپوشانی است. در این پژوهش از سه دمای هوای ورودی (140، 160، 180°C)، سه غلظت مالتودکسترین (10، 20 و30 درصد) در خشک‌کن پاششی پایلوت برای تولید پودر عصاره سماق استفاده گردید. جریان هوا به‌صورت همسو با خوراک ورودی بود و دمای هوای خروجی بر روی 80°C تنظیم شد. آزمون‌ها شامل ارزیابی بازده تولید پودر، رطوبت، فعالیت آبی، انحلال‌پذیری، میزان جذب رطوبت، نم‌پذیری و شاخص‌های رنگی پودر عصاره سماق بود. نتایج نشان داد که با افزایش دمای هوای ورودی خشک‌کن و نیز افزایش غلظت مالتودکسترین، بازده تولید پودر، پارامتر رنگی روشنایی و توانایی نم‌پذیری پودرها افزایش یافت. از طرف دیگر مقدار رطوبت، فعالیت آبی، انحلال‌پذیری، خاصیت جذب رطوبت و پارامترهای رنگی کروما، a* و b* پودر ارتباط معکوسی با دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین داشتند. همچنین در این پژوهش مشخص گردید که دمای هوای ورودی به‌عنوان پارامتر اصلی فرایند خشک کردن پاششی به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) اثر بیشتری بر خواص پودر نسبت به پارامتر دوم، یعنی غلظت مالتودکسترین داشت.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن پاششی، ریزپوشانی، سماق، مالتودکسترین، نم‌پذیری

مقدمه

سماق با نام علمی *Rhus coriaria* L. از خانواده آناکاردیاسه دارای پالپ ترش مزه و قابض است (قهرمان، 1997). رژیم مدیترانه‌ای غنی از ادویه‌ها بوده و سماق یکی از ادویه‌هایی است که به‌طور گسترده به‌عنوان چاشنی در تهیه غذا، در کشورهای عربی، آسیای شرقی، ترکیه و ایران استفاده می‌گردد (بایرام و همکاران، 2005 و 2008؛ چن.جی و چن.اچ، 2011). سماق در مناطق وسیعی از جزایر قناری تا سواحل مدیترانه، ایران، ترکیه و افغانستان می‌روید (ناصر عباس و هالکمن، 2003؛ راین و مازا، 2007؛ گوندوز و همکاران، 2010). محل رویش سماق در ایران، مناطقی در آذربایجان شرقی (تبریز)، تهران، خراسان (تربت جام)، شیراز (کوه‌های دشتک)، مازندران (هراز، رودبار)، قزوین، قم و همدان است (سزیک و همکاران، 1999؛ رچینگر، 1969). در طب سنتی در درمان خون‌ریزی و رفع اسهال و در استعمال خارجی برای درمان زخم‌ها، سوختگی‌ها، جوش‌های چرکی و زگیل، ترک پوست و شقاق سینه استفاده می‌گردید. همچنین از جوشانده آن به‌صورت غرغره در آنژین‌ها، ورم مخاط دهان، برای استحکام دندان‌ها و تسکین درد دندان کاربرد داشته است (زرگری، 1989؛ شفیع‌زاده،1990؛ امین، 2005). سماق به‌دلیل وجود تانن فراوان در برگ و میوه آن، از زمان‌های قدیم تاکنون استفاده زیادی در صنعت چرم داشته است. میوه سماق شامل ترکیبات فنولی نظیر فلاونوئیدها، تانن‌ها، آنتوسیانین‌ها و اسیدهای آلی است. پژوهش‌های فراوانی فعالیت‌های بیولوژیکی مختلفی نظیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی را در سماق اثبات نمودند. (گیانکارلو و همکاران، 2010؛ گوندوز و همکاران، 2010؛ کوثر و همکاران، 2007). همچنین مشخص شده است که، سماق در کاهش عوارض دیابت موثر بوده و می توان از آن به‌عنوان جایگزین مناسب

1، 2 و 4- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی دکترا، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تبریز، ایران.
3- عضو هیات علمی، موسسه استاندارد، کرج، ایران.
(*مسئول مکاتبات: Email: peighambardoust@tabrizu.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v0i0.61209

داروهای شیمیایی در درمان بیماری دیابت استفاده نمود (سلیمی و همکاران، 1391). به دلیل رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها و کاهش ویژگی‌های حسی ادویه‌ها در نتیجه نگهداری آن‌ها، ریزپوشانی عصاره ادویه‌ها به‌عنوان راهکار مناسب از طرف برخی پژوهشگران پیشنهاد گردیده است (کاناکدانده و همکاران، 2007؛ کریشنان و همکاران، 2005؛ شیخ و همکاران، 2006). فرایند ریزپوشانی، ماده درونی را از شرایط محیطی نامطلوب مانند تأثیرات نور، رطوبت و اکسیژن حفظ کرده، مانعی بین مواد زیست فعال حساس و محیط بیرونی فراهم می‌آورد. همچنین طعم و بوهای نامطلوب را می‌پوشاند، بنابراین منجر به تفکیک طعم و آروما می‌شود (شهیدی و هان، 1993؛ دسایی و پارک، 2005).

ریزپوشانی توسط خشک‌کردن پاششی به‌طور موفقیت‌آمیزی در صنایع غذایی برای چندین دهه استفاده شده است. در خشک‌کردن پاششی، ترکیبات غذایی توسط ماده حامل مناسب، پوشش داده می‌شوند. کیفیت محصول نهایی و کارایی پودر در خشک‌کردن پاششی به شرایط عملیات مانند دمای هوای ورودی و خروجی، سرعت جریان هوای ورودی، فشار یا سرعت اتمایزر، غلظت ماده ورودی و نسبت ماده ورودی به حامل بستگی دارد (گوالا و آداموپولوس، 2008a؛ تونون و همکاران، 2008؛ چگینی و قبادیان، 2005). برخی مشکلات در خشک نمودن عصاره‌های مواد غذایی و آبمیوه‌ها، به دلیل دمای انتقال شیشه‌ای پایین آن‌ها است؛ نظیر بالا بودن شکر و اسیدهای آلی که منجر به مشکلات چسبندگی می‌گردد. برای رفع و جلوگیری از این مشکلات و به دست آوردن پودری با ویژگی‌های قابل قبول، استفاده از حامل یا اصطلاحاً مواد کمک خشک‌کن پیشنهاد شده است. این مواد موجب افزایش دمای انتقال شیشه‌ای و در نتیجه کاهش چسبندگی پودر می‌گردد. (گوالا و آداموپولوس، 2008b).

در این پژوهش، از مالتودکسترین به‌عنوان ماده حامل استفاده شد. مالتودکسترین‌ها از جمله مواد حامل رایج مورد استفاده در خشک‌کن‌های پاششی هستند (نادیم و همکاران، 2011؛ تونون و همکاران، 2008؛ کریشنان و همکاران، 2005). در مطالعات پیشین تأثیر شرایط مختلف خشک‌کردن پاششی بر ویژگی‌های پودرهای آبمیوه تولیدی توسط پژوهشگران بررسی گردیده است. کوئک و همکاران (2007) پودر هندوانه را توسط خشک‌کن پاششی در دو غلظت مالتودکسترین (3 و 5 درصد) و در چهار دمای ورودی (145، 155، 165 و 175 درجه سانتی‌گراد) خشک کرده و این پودرها را از نظر مقدار رطوبت، فعالیت آبی، رنگ، لیکوپن و بتاکاروتن مورد بررسی قرار دادند. چگینی و قبادیان (2007) در مطالعه خود بر خشک‌کردن پاششی آب پرتقال مشاهده نمودند که پارامترهای دمای هوای ورودی و سرعت جریان خوراک بر میزان بازده و رسوب بر جداره خشک‌کن به مقدار قابل ملاحظه‌ای تأثیرگذار است. در مطالعه تونون و همکاران (2008) تأثیر دمای هوای ورودی (138-202°C)، غلظت مالتودکسترین (10-30 %) و سرعت جریان خوراک (5-25 گرم در دقیقه) خشک‌کن پاششی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پودر میوه گرمسیری آکایی بررسی شد. میشرا و همکاران (2013) در پژوهش خود نشان دادند که پودر آب آملا (انگورفرنگی هندی) خشک شده به روش پاششی با 7% مالتودکسترین و فرآوری شده در دمای ورودی 175°C جاذب‌الرطوبگی کمتر، رنگ قابل قبول و فعالیت بازدارندگی رادیکال آزاد بهتری داشت. احمدی راد و همکاران (1395) در خشک کردن پاششی آبمیوه زغال اخته دمای هوای ورودی و غلظت حامل را عوامل موثرتری نسبت به دبی جریان ورودی بیان نمودند. بایرام و همکاران (2005)، عصاره سماق را با استفاده از حامل‌های مختلف (سدیم کلرید، ساکارز، گلوکز و نشاسته) به روش پاششی خشک نمودند. در بین حامل‌های آزمایش شده تنها سدیم کلرید برای استفاده در خشک‌کردن پاششی مناسب شناخته شد. همچنین این پژوهشگران عصاره سماق را به روش پاششی با استفاده از حامل پودر شیر، آب پنیر و صمغ گوار نیز خشک کردند و پودر آب پنیر را به‌عنوان مناسب‌ترین حامل در این پژوهش اعلام نمودند (بایرام و همکاران، 2008). سالیسکان و دیریم (2016) تأثیر دو روش خشک‌کردن انجمادی و خشک‌کردن پاششی و نیز مقادیر مختلف مالتودکسترین افزوده شده بر ویژگی‌های پودر سماق تولیدی را بررسی نمودند. در این پژوهش، تأثیر شرایط و پارامترهای فرآیند خشک کردن پاششی بر بازده تولید پودر عصاره سماق، محتوای رطوبت، فعالیت آبی، انحلال‌پذیری، خاصیت جذب رطوبت، نم‌پذیری و شاخص‌های رنگی ارزیابی گردید.

مواد و روش‌ها

میوه‌های تازه سماق از شهرستان هوراند (آذربایجان شرقی) خریداری و بعد از تمیز شدن از ساقه و ناخالصی‌ها، در سایه خشک گردید. نهایتاً میوه‌های خشک شده، آسیاب و هسته‌های آن جدا شدند. پریکارپ خالص میوه‌ها تا زمان انجام آزمایش در محیط خنک نگهداری گردید. مالتودکسترین (با معادل دکستروز 18 از شرکت پوران پودر سپاهان، اصفهان) جهت استفاده به عنوان حامل در فرایند خشک‌کردن پاششی تهیه شد.

آماده‌سازی عصاره سماق جهت خشک‌کردن پاششی

میوه سماق آسیاب شده به نسبت 1 به 10 با آب مقطر مخلوط گردید. سپس به مدت 45 دقیقه در بن‌ماری در دمای 90 °C عمل عصاره‌گیری انجام شد. عصاره حاصل، با کمک پارچه صافی، کاملاً صاف، سپس به کمک همزن در نسبت‌های 10، 20 و 30 درصد وزنی- وزنی با حامل مالتودکسترین به خوبی مخلوط گردید. در

نهایت، محلول همگنی به‌دست آمد. محلول عصاره آبی سماق با بریکس 4 بود (عظیمی و همکاران، 2006).

خشک‌کردن پاششی

در این پژوهش از خشک‌کن پاششی پایلوت دانشگاه تبریز (مهام صنعت، نیشابور، ایران) استفاده گردید. خوراک ورودی توسط اتمایزر چرخشی با قطر 5 سانتی‌متر و قابلیت چرخش توسط کمپرسور هوا، به داخل محفظه خشک‌کن به‌صورت جریان هم‌جهت با هوای داغ، اتمیزه شد. محفظه خشک‌کن به‌صورت استوانه‌ای، با قسمت تحتانی مخروطی شکل با قطر 1 متر در بخش استوانه‌ای و ارتفاع کل محفظه 2 متر، بود. دستگاه مجهز به یک پمپ تغذیه حجمی پریستالتیک با دبی تغذیه متغیر و ظرفیت حداکثر 3 لیتر مایع در ساعت با فشار 1 بار بود. برای تولید پودر سماق، دمای هوای ورودی روی 180°C، 160، 140 تنظیم گردید. در همه آزمون‌ها، دور اتمایزر، سرعت جریان خوراک و فشار هوای نازل به‌ترتیب در 1800rpm، 20 میلی‌لیتر در دقیقه و 0/1± 4 بار، ثابت نگاه داشته شد. دمای هوای خروجی به‌طور میانگین در 80°C تنظیم شد. در نهایت پودرهای جمع شده در ظرف شیشه‌ای متصل به سیکلون، بلافاصله به ظرف تیره و دربداری منتقل و برای انجام آزمایش‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند.

اندازه‌گیری راندمان تولید پودر

بازده تولید محصول به صورت نسبت درصد جرمی پودر به‌دست آمده به جرم کل ماده جامد موجود در خوراک (بر حسب ماده خشک)، با استفاده از معادله (1) محاسبه گردید:

$$\mathcal{Y} = \frac{w_2}{w_1} \times 100 \qquad (1)$$

که در این فرمول؛ w_2، جرم محصول نهایی و w_1، جرم کل ماده جامد خوراک هستند (تونون و همکاران، 2008).

اندازه‌گیری رطوبت

رطوبت نمونه‌ها توسط روش وزن‌سنجی حرارتی تعیین گردید. در این روش، 2 گرم از پودر تا رسیدن به وزن ثابت در آون با دمای 105°C قرار گرفت. مقدار رطوبت از طریق معادله (2) محاسبه گردید

$$\mathcal{M}\% = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \qquad (2)$$

که در این معادله؛ M: درصد رطوبت، W_1: وزن ظرف خالی، W_2: مجموع وزن پودر و ظرف و W_3: مجموع وزن پودر خشک شده و ظرف بعد از آون‌گذاری است (استاندارد ملی ایران شماره 2705).

اندازه‌گیری فعالیت آبی

برای اندازه‌گیری فعالیت آبی پودر عصاره سماق، از دستگاه a_w متر (روترونیک HygroPalm-HP23-AW-A-portable analyzer) استفاده گردید. پس از کالیبراسیون، محفظه دستگاه تا محل تعیین شده، از پودر پر شده و سپس فعالیت آبی نمونه‌ها در محدوده دمایی 0/5±22 °c قرائت گردید.

اندازه‌گیری شاخص انحلال‌پذیری

یک گرم پودر با 100 میلی‌لیتر آب مقطر بر روی همزن مغناطیسی در 375 rpm به مدت 5 دقیقه مخلوط شد. سپس محلول به داخل دو لوله فالکون 50 میلی‌لیتری منتقل و در سانتریفوژ با دور 3000 به مدت 5 دقیقه مخلوط شد. 25 میلی‌لیتر از سوپرناتانت به یک پلیت شیشه‌ای منتقل و در نهایت در آون 105°C به مدت 5 ساعت خشک گردید. اختلاف وزن ماده خشک ظرف به نسبت پودر اولیه بر حسب درصد جهت تعیین انحلال‌پذیری در آب به کار رفت (کانو- چائوکا و همکاران، 2005).

اندازه‌گیری میزان جذب رطوبت پودر

میزان جذب رطوبت توسط وزن کردن 5 گرم پودر در داخل پلیت و نگهداری به مدت 7 روز در دمای 25°C و رطوبت نسبی 80 درصد در یک دسیکاتور با محلول اشباع کلرید سدیم، تعیین گردید. میزان جذب رطوبت پودر به شکل مقدار رطوبت (گرم آب جذب شده توسط 100 گرم پودر) مشخص شد (کالاهان و همکاران، 1982).

اندازه‌گیری زمان نم‌پذیری

بدین منظور، 0/1 گرم پودر به سطح 100 میلی‌لیتر آب مقطر (در دمای 20°C) بدون ایجاد لرزش، پاشیده شد. مدت زمانی که طول کشید تا تمامی ذرات پودر در آب فرو رفته و با آب آغشته شوند به عنوان زمان نم‌پذیری ثبت گردید (فوچس و همکاران، 2006).

ارزیابی رنگ

ارزیابی رنگ با استفاده از دستگاه هانترلب با اندازه‌گیری L^* یا مولفه روشنایی یا شفافیت که محدوده آن از 0 (سیاه) تا 100 (سفید) می‌باشد؛ همچنین پارامتر a^* که نشان‌دهنده سبزی (-) تا قرمزی(+) و b^* که نشان‌دهنده آبی (-) تا زردی (+) می‌باشد، صورت گرفت (کوئک و همکاران، 2007).

شاخص‌های Hue و Chroma طبق فرمول‌های (3) و (4) محاسبه شدند:

$$\mathcal{H}ue = tan^{-1}(b^*/a^*) \qquad (3)$$

$$\mathcal{C}hroma = \sqrt{(a^{*2}) + (b^{*2})} \qquad (4)$$

زاویه Hue بیانگر درجه یا طیف رنگ در محدوده 0-360 و شاخص Chroma نشان‌دهنده شدت رنگ (اشباعیت) می‌باشد. عدد

صفر بیانگر محور *a+ (رنگ قرمز) و چرخش در خلاف جهت عقربه‌های ساعت به میزان °90 ، °180 و °270 به‌ترتیب نشان‌دهنده محورهای *b+ (رنگ زرد)، *a- (رنگ سبز) و *b– (رنگ آبی) می‌باشد.

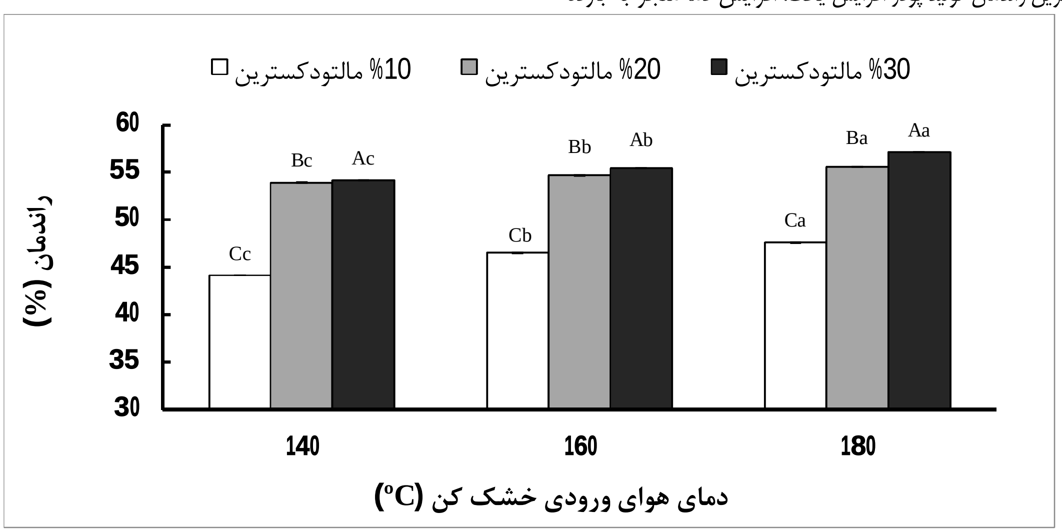
تجزیه و تحلیل آماری داده‌های

کلیه آزمون‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس ANOVA در قالب طرح فاکتوریل و نرم‌افزار Minitab 16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی انجام گردید ($P<0/05$). این پژوهش با استفاده از 9 تیمار و در سه تکرار (به غیر از آزمون انحلال‌پذیری و جذب رطوبت پودر که در دو تکرار بود) انجام گردید.

نتایج و بحث

بررسی راندمان تولید پودر

راندمان فرایند از طریق تعیین نسبت مقدار پودر به‌دست آمده و مقدار خوراک ورودی به خشک‌کن محاسبه شد. راندمان کمتر ناشی از چسبیدن ذرات به یکدیگر و به دیواره‌های خشک‌کن و کشیده شدن محصول به داخل جریان خلأ بود. بهانداری و همکاران (1997) گزارش کردند که بازده تولید بیش از 50 درصد، نشان‌دهنده فرایند خشک‌کردن موفق تولید در مقیاس آزمایشگاهی است. در پژوهش حاضر، بازده تولید پودر عصاره سماق در محدوده 44 الی 57 درصد بود ($P<0/05$). مطابق شکل 1 با افزایش دما و افزایش غلظت مالتودکسترین راندمان تولید پودر افزایش یافت. افزایش دما منجر به بازده تولید بالاتر شد که احتمالاً به دلیل کارایی بیشتر انتقال جرم و حرارت و سرعت تبخیر بیشتر است. بنابراین احتمال برخورد ذراتی که کاملاً خشک نشده‌اند، به دیواره کاهش پیدا می‌کند (تونون و همکاران، 2008؛ کای و کورکه، 2000). همچنین با افزایش غلظت مالتودکسترین بر مقدار تولید و بازیابی پودر سماق به‌طور قابل توجهی افزوده شد. با توجه به نقش و عملکرد مالتودکسترین به‌عنوان کمک خشک‌کن با افزایش دادن دمای انتقال شیشه‌ای کل مخلوط و همچنین ایجاد لایه و فیلم نازک در اطراف ذرات تولید شده، موجب کاهش چسبیدن ذرات از طریق تشکیل پل‌های مایع به یکدیگر و همچنین کاهش چسبیدن ذرات به دیواره خشک‌کن گردید (کوئک و همکاران، 2007؛ پاپاداکیس و همکاران، 2006؛ آدهیکاری و همکاران، 2004؛ فضایلی و همکاران، 2012). اگرچه با افزایش حامل، راندمان افزایش یافت، اما به خاطر تأثیر نامطلوب روی ترکیبات بیولوژیکی، افزودن بیش از اندازه متعادل توصیه نمی‌گردد (کوئک و همکاران، 2007). از طرف دیگر گزارش شده است که افزایش بیش از حد دما، منجر به گذشتن دما از دمای انتقال شیشه‌ای شده و درنتیجه باعث چسبندگی پودر می‌شود (چگینی و قبادیان، 2007؛ پاپاداکیس و همکاران، 2006). همچنین برخی پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که غلظت مالتودکسترین تأثیر منفی بر بازده محصول دارد که احتمالاً ویسکوزیته مخلوط موجب چسبندگی بیشتر می‌گردد (تونون و همکاران، 2008؛ کای و کورکه، 2000) به دلایل توضیح داده شده می‌توان غلظت 20 درصد مالتودکسترین و دمای 160°C را به‌عنوان شرایط نقطه بهینه معرفی نمود.

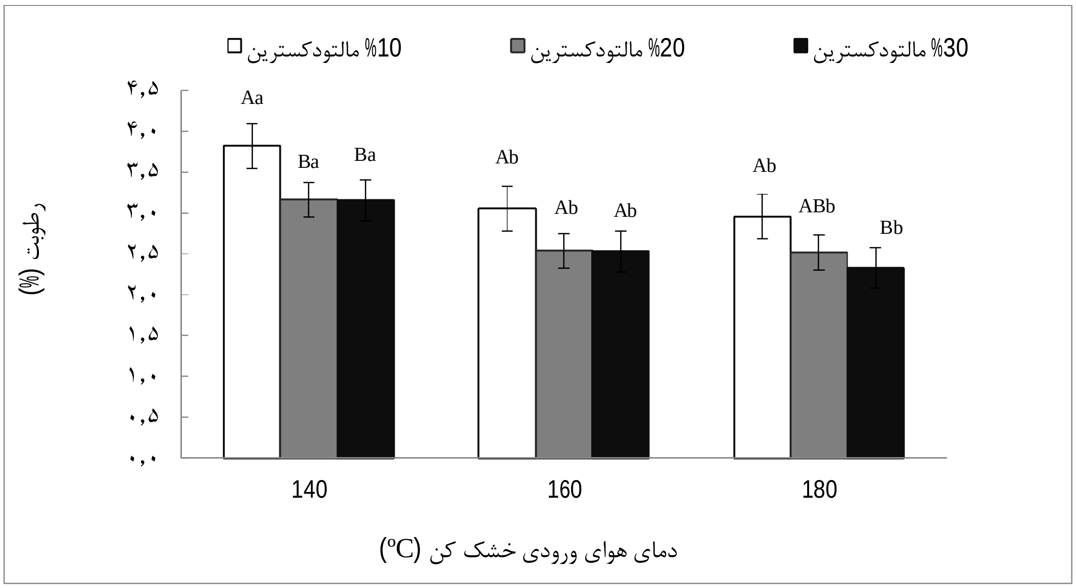


شکل1- تغییرات راندمان پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند.

حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.

نتایج اندازه‌گیری رطوبت پودرها

بر اساس نتایج آنالیز واریانس، اثر معنی‌داری دما بر رطوبت پودرها، بیشتر از تأثیر غلظت مالتودکسترین بود (P<0/05). مطابق شکل 2، با افزایش دما و غلظت مالتودکسترین، رطوبت پودر سماق کاهش یافت. محتوای رطوبت پودر در محدوده 2/328 الی 3/818% بود. با افزودن مالتودکسترین، محتوای مواد جامد کل افزایش و مقادیر آب آزاد برای تبخیر کاهش یافت. بنابراین منجر به کاهش رطوبت پودرهای تولیدی گردید (آبادیو و همکاران، 2004؛ گرابوسکی و همکاران، 2006؛ میشرا و همکاران، 2013؛ خآ و همکاران، 2010). همچنین در دماهای ورودی بالاتر، سرعت انتقال حرارت از ذرات بیشتر بود که نیروی محرک بیشتری برای تبخیر رطوبت فراهم کرده و همین امر سبب افزایش سرعت تبخیر آب گردید. در نتیجه پودرهایی با رطوبت کمتر، تولید شدند (گوالا و آداموپولوس، 2004؛ تونون و همکاران، 2008؛ میشرا و همکاران، 2013؛ خآ و همکاران، 2010). در پژوهش گوالا و همکاران (2010) نتایج نشان داد که افزایش مالتودکسترین باعث افزایش رطوبت پودر پرتقال شد، که آن‌ها این موضوع را به دشوار شدن انتشار مولکول‌های آب از بین مولکول‌های بزرگتر مالتودکسترین نسبت دادند.



شکل2-تغییرات رطوبت پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند.
حروف لاتین غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<0/05) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.

بررسی فعالیت آبی پودرها

فعالیت آبی شاخص مهمی برای پودرهای خشک شده به روش پاششی است، زیرا عمر انبارمانی[1] پودرهای تولیدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طور کلی در مواد غذایی با فعالیت آبی کمتر از 0/6 که از نظر میکروبیولوژیکی پایدار هستند، اگر فسادی رخ دهد، درنتیجه واکنش‌های شیمیایی است. فعالیت آبی پودر عصاره سماق در محدوده 0/319- 0/335 بود. این بدین معنی است که پودرهای خشک‌شده پاششی از نظر میکروبیولوژیکی پایدار بودند. بر اساس آنالیز واریانس انجام گرفته، تأثیر معنی‌داری متقابل دما و غلظت (P<0/05) روی فعالیت آبی پودرها بیشتر از اثر دما و نیز اثر غلظت به تنهایی بود. مطابق شکل3، با افزایش دما و افزایش غلظت مالتودکسترین، فعالیت آبی پودر سماق کاهش یافت، زیرا با افزایش دما و غلظت ماده حامل، رطوبت پودرها کاهش می‌یابد، در نتیجه از مقدار آب آزاد و به تبع آن از فعالیت آبی نمونه‌ها کاسته می‌شود. این نتایج با گزارش پژوهشگران مطابقت دارد (کوئک و همکاران، 2007؛ نادیم و همکاران، 2011؛ تونون و همکاران، 2009).

بررسی شاخص انحلال‌پذیری پودرها

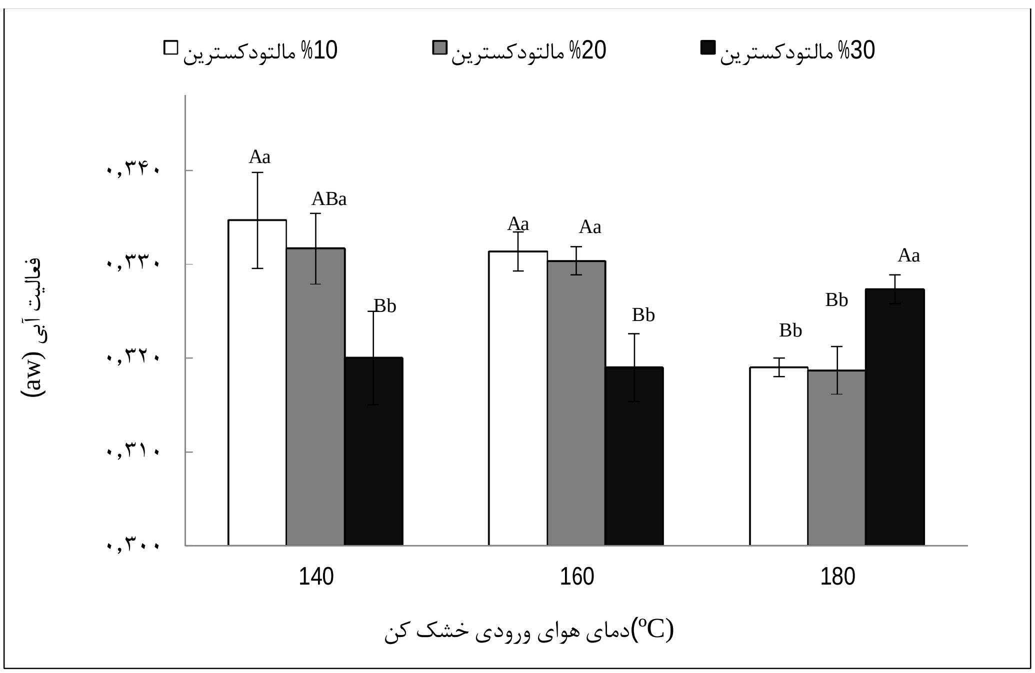
در بیشتر مواد غذایی پودر شده، هدف انحلال سریع و کامل در آب، غوطه‌ور شدن، پراکنده شدن و حل شدن بدون تشکیل کلوخه است. تست انحلال‌پذیری برای اندازه‌گیری سرعت بازسازی پودرهای خشک شده پاششی در آب به‌کار می‌رود. بر اساس نتایج آنالیز واریانس، اثر معنی‌داری (P<0/05) دما بر انحلال‌پذیری پودرها، بیشتر از تأثیر غلظت مالتودکسترین بود. مطابق شکل 4، با افزایش

1 shelf life

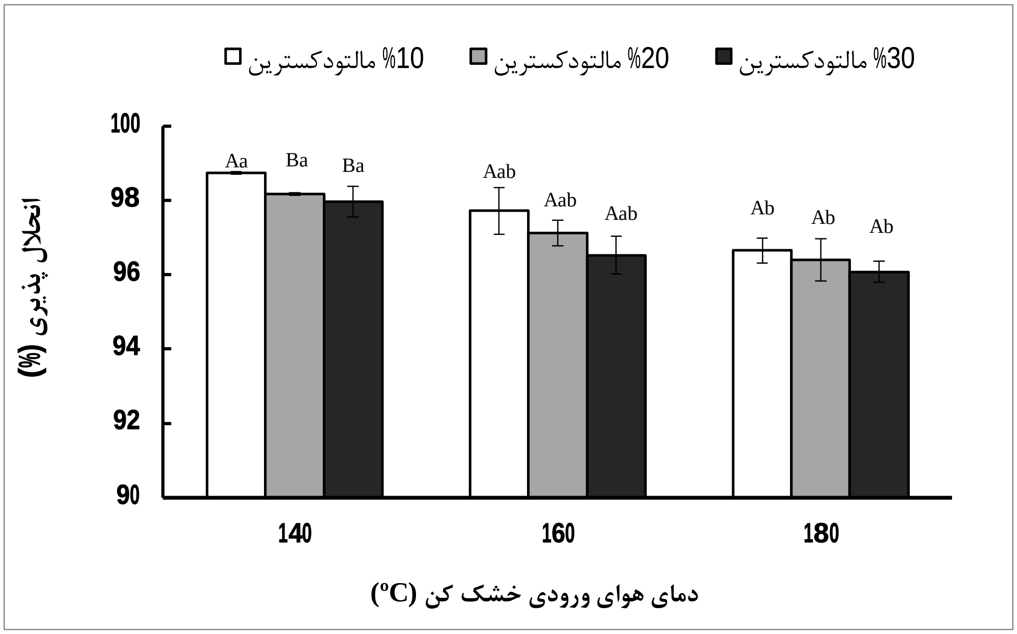
دما و افزایش غلظت مالتودکسترین، انحلال‌پذیری پودر سماق کاهش یافت. در دماهای ورودی پایین‌تر، سرعت تبخیر کمتر و پودرهایی با رطوبت بالاتر تولید شدند. این نوع پودرها تمایل زیادی به آگلومراسیون دارند که این موضوع به افزایش بازسازی پودرها کمک می‌کند (گوالا و همکاران، 2004؛ کوئک و همکاران، 2007؛ مسترز، 1991). نتایج نشان داد که رابطه مثبتی بین انحلال‌پذیری و مقدار رطوبت پودرها وجود داشت. در دماهای ورودی بالاتر، لایه سطحی سختی روی ذرات پودر شکل می‌گیرد که می‌تواند مانع از انتشار مولکول‌های آب از بین ذرات شده و در نتیجه منجر به کاهش انحلال‌پذیری پودرها گردد (کوئک و همکاران، 2007؛ چگینی و همکاران، 2005). افزایش غلظت حامل نیز منجر به کاهش در حلالیت پودرها گشت که موافق با نتایج آبادیو و همکاران (2004) و موریرا و همکاران، (2009) بود. بنابراین با توجه به شکل 4 می‌توان پودرهای تولید شده در دمای 140°C و غلظت 10 درصد مالتودکسترین را به‌عنوان پودرهایی با بیشترین ویژگی انحلال‌پذیری معرفی نمود.

بررسی میزان جذب رطوبت پودر

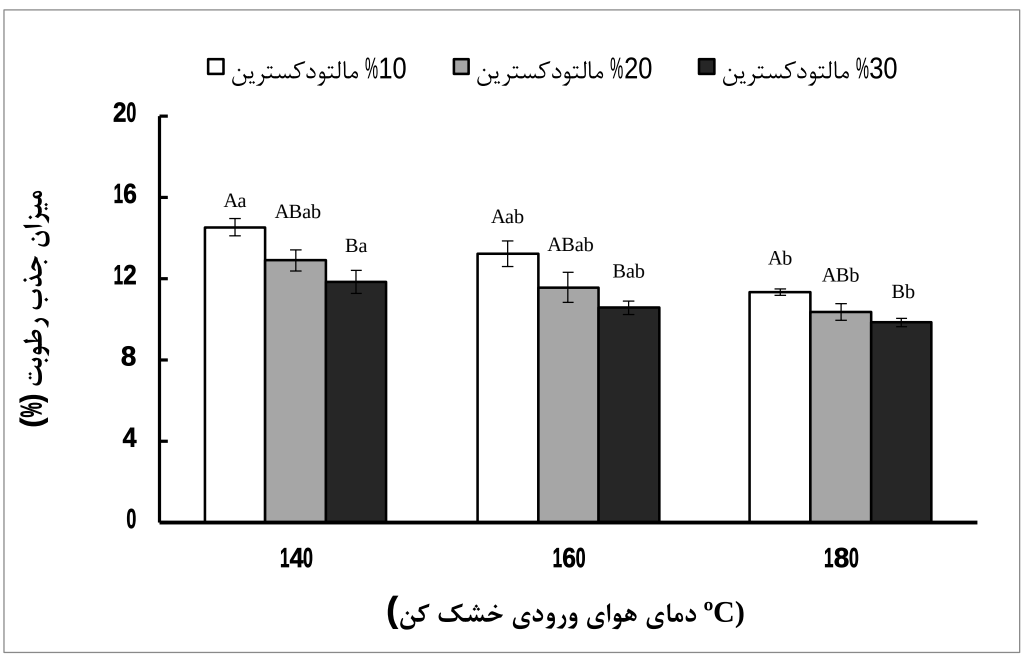
ذرات خشک شده به روش پاششی می‌توانند به آسانی رطوبت را از هوای اطراف جذب کنند و در نتیجه سطح پودرها چسبندگی پیدا کرده و منجر به کلوخه‌ای شدن پودرها گردد. مقدار جذب رطوبت نبایستی با مقادیر مطلق ارزیابی شود، زیرا پودرها در معرض شرایط غیرواقعی قرار می‌گیرند. مطابق شکل 5، پودرهای تولید شده در دماهای بالاتر و غلظت ماده جامد بالاتر، کمترین میزان جذب رطوبت را دارا بودند ($P<0/05$). کاهش جذب رطوبت پودر عصاره سماق با افزایش دمای هوای ورودی عمدتاً به دلیل افزایش اندازه ذرات تولید شده و کاهش سطح تماس کل ذرات و کشش سطحی پودرها بود (پیغمبردوست و سرابندی، 1394). این یافته‌ها مخالف یافته‌های گوالا و همکاران (2004) و تونون و همکاران (2008) بود که گزارش گردند که میزان جذب رطوبت با محتوای رطوبت پودر ارتباط معکوسی و با دما، ارتباط مستقیم دارد. افزایش غلظت مالتودکسترین با ایجاد یک لایه غیرچسبنده سبب کاهش جذب رطوبت پودرها گردید. زیرا مالتودکسترین ماده حاملی است که خاصیت جذب رطوبت اندکی دارد (بهانداری و هارتل، 2005؛ موریرا و همکاران، 2009؛ میشرا و همکاران، 2013). این نتایج حاکی از آن بود که مالتودکسترین یک ماده حامل مناسب و بسیار موثر در کاهش میزان جذب رطوبت پودرها بود.



شکل3-تغییرات فعالیت آبی پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند.
حروف لاتین غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.



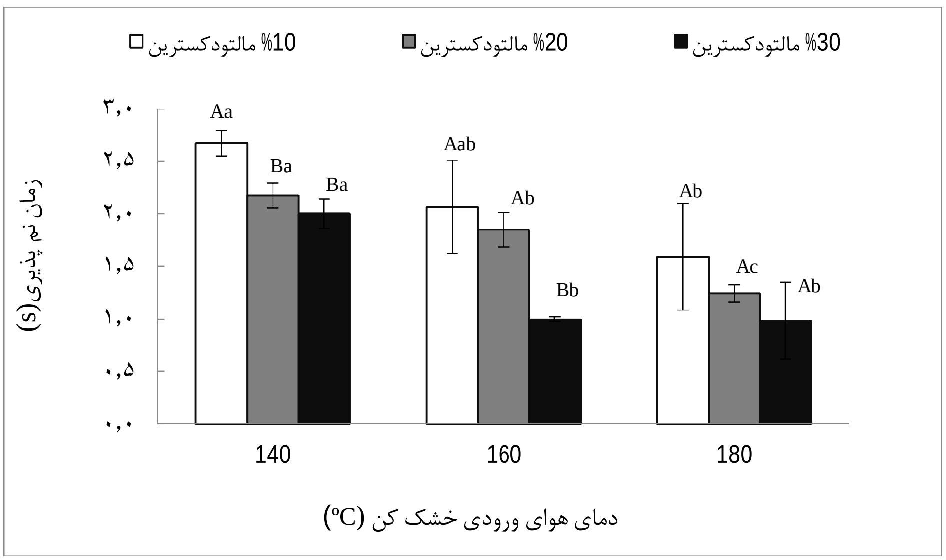
شکل4- تغییرات انحلال‌پذیری پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند. حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.



شکل5- تغییرات جاذب‌الرطوبگی پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند.
حروف لاتین غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.

بررسی زمان نم‌پذیری پودرها

نم‌پذیری، به توانایی ذرات پودر برای غلبه بر کشش سطحی بین خود ذرات و مولکول‌های آب اطلاق می‌شود. زمان نم‌پذیری، نیز به‌عنوان زمان مورد نیاز برای خیس شدن تمامی ذرات پودر و رفتن به سطح زیر آب تعریف می‌شود. نم‌پذیری خوب تحت معیارهایی نظیر خلل و فرج و منافذ بزرگ‌تر به دلیل حضور ذرات بزرگ‌تر، تخلخل بالا، زاویه تماس کوچک به وجود می‌آید (فانگ و همکاران، 2008). بر اساس آنالیز واریانس انجام گرفته، اثر دما و غلظت بر نم‌پذیری پودر عصاره سماق معنی‌دار (p<0/05)، ولی اثر متقابل دما و غلظت معنی‌دار (p>0/05) نبود. مطابق شکل6، با افزایش دما و افزایش غلظت مالتودکسترین، زمان نم‌پذیری پودر سماق کاهش یافت که این به معنی افزایش توانایی نم‌پذیری بود. بنابراین برای تولید پودرهایی با توانایی نم‌پذیری خوب بایستی از دمای 180°C و غلظت 30 درصد مالتودکسترین استفاده نمود. در حالت کلی مشخص شده که ذرات ریزتر به دلیل کشش سطحی بالا، توانایی نم‌پذیری ضعیفی دارند (اسکابرت، 1993؛ جیناپونگ و همکاران، 2008؛ کنایت و همکاران، 2001). قرار گرفتن ذرات در معرض دماهای بالاتر، سبب افزایش اندازه ذرات پودر می‌شود چون از طریق افزایش دادن سرعت تبخیر در نمونه‌ها باعث تشکیل پوسته‌های محکم اطراف ذرات شده و از چروکیدگی ذرات پودر در طی خشک شدن پاششی جلوگیری می‌کند. همچنین افزایش غلظت مالتودکسترین باعث افزایش ویسکوزیته خوراک ورودی به خشک‌کن می‌شود، به همین دلیل اندازه ذرات افزایش می‌یابد (گوالا و آداموپولوس ، 2010؛ تونون و همکاران، 2009؛ فراری و همکاران، 2012). بنابراین با افزایش دما و غلظت ماده حامل به دلیل افزایش اندازه ذرات و ایجاد منافذ بزرگ‌تر و همچنین تخلخل بالاتر، زمان نم‌پذیری کاهش می‌یابد.



شکل6-تغییرات نم‌پذیری پودرها تحت تأثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین. اعداد گزارش شده میانگین سه تکرار هستند.
حروف لاتین غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (P<0/05) بسته به غلظت مالتودکسترین (حروف بزرگ) و بسته به دمای هوای ورودی (حروف کوچک) هستند.

بررسی پارامترهای رنگی پودر

مطابق نتایج آنالیز واریانس داده‌ها، تغییرات پارامترهای رنگی تحت تاثیر دمای هوای ورودی و غلظت مالتودکسترین معنی‌دار (P<0/05) بود. اندازه‌گیری رنگ یک شاخص کیفی مهم است، چرا که منعکس‌کننده جذابیت ظاهری و کیفیت پودرهای تولید شده در طی فراوری خشک‌کردن پاششی است. همان‌گونه که از جدول 1 مشخص است، با افزایش دما و افزایش غلظت مالتودکسترین بر مقدار پارامتر رنگی L^* (روشنایی) افزوده، ولی از مقادیر پارامترهای a^*، b^*، chroma و hue کاسته شد. افزایش روشنایی پودرها در اثر افزایش دما به دلیل افزایش اکسیداسیون رنگدانه‌های حساس به حرارت بود (میشرا و همکاران، 2013؛ سوئوسا و همکاران، 2008). همچنین تانن‌ها به آرامی با آهن در حضور اکسیژن واکنش داده و کمپلکس‌هایی با رنگ تیره تشکیل می‌دهند. احتمالاً در طی نرخ سریع خشک شدن، تانن‌ها زمان خیلی کمتری برای واکنش با آهن دارند، چرا که دسترسی به اکسیژن کاهش می‌یابد و در نتیجه رنگ پودرها روشن‌تر خواهد بود. افزایش روشنایی (L^*)، کاهش کرومای پودر و نیز کاهش در مقادیر a^*و b^* (که نشان‌دهنده کاهش در قرمزی و زردی پودر سماق است) در نتیجه افزایش غلظت مالتودکسترین، به

دلیل متمایل شدن به رنگ سفید مالتودکسترین و رقیق شدن عصاره از لحاظ مواد رنگی می‌باشد (خآ و همکاران، 2010؛ رودریگز و همکاران، 2005؛ کوئک و همکاران، 2007). کاهش شاخص هیو در این مطالعه نشان‌دهنده کاهش در افت قرمزی است. افزایش دما سبب خروج بیشتر آب از نمونه‌ها می‌شود که این امر باعث تغلیظ پیگمان‌های درون نمونه‌ها خواهد شد (شهیدی و همکاران، 1393؛ میشرا و همکاران، 2013). از طرف دیگر طبق یافته‌های برخی پژوهشگران، با افزایش دما، روشنایی پودرها کاهش و کرومای پودرها افزایش می‌یابد. این بدین معنی است که رنگ پودرها در دماهای بالاتر، تیره‌تر می‌گردد. یکی از دلایل، قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی پودرها در دماهای ورودی بالاتر گزارش گردید (نادیم و همکاران، 2011؛ کوئک و همکاران، 2007؛ رودریگز و همکاران، 2005).

جدول 1 - تغییرات پارامترهای رنگی (L* , a*, b*, Chroma, Hue) تحت تأثیر دماهای ورودی و غلظت‌های مختلف

تیمارها	L*	a*	b*	Chroma	Hue
10%مالتودکسترین -140°C	25/50± 0/ 71 BB	42/00± 1/ 41 AA	16/50± 0/ 71 AA	43/132± 1/ 06 AA	21/465± 1/ 49 AA
20%مالتودکسترین -140°C	28/00± 0/ 00 AB	40/50± 0/ 71 ABA	13/50± 0/ 71 BA	42/695± 0/ 45 ABA	18/441± 1/ 20 ABA
30%مالتودکسترین -140°C	29/50± 0/ 71 AB	38/50± 0/ 71 BA	10/50± 0/ 71 CA	39/908± 0/ 87 BA	15/247± 0/ 71 BA
10%مالتودکسترین -160°C	26/50± 0/ 71 BB	41/50± 0/ 71 AA	15/50± 0/ 71 AA	44/301± 0/ 91 AA	20/475± 0/ 54 AA
20%مالتودکسترین -160°C	28/00± 1/ 41 BB	39/0± 1/ 41 ABAB	12/00± 1/ 41 AAB	40/81± 1/ 77 ABAB	17/074± 1/ 32 BAB
30%مالتودکسترین -160°C	34/50± 0/ 71 AA	37/50± 0/ 71 BAB	6/00± 1/ 41 BC	37/992± 0/ 47 BB	9/105± 2/ 27 CC
10%مالتودکسترین -180°C	29/50± 0/ 71 BA	39/50± 0/ 71 AA	14/50± 0/ 71 AA	42/078± 0/ 91 AB	20/151± 0/ 57 AA
20%مالتودکسترین -180°C	34/00± 1/ 41 ABA	38/50± 0/ 71 AB	11/00± 0/ 00 BB	40/041± 0/ 68 BB	15/948± 0/ 28 BB
30%مالتودکسترین -180°C	35/00± 1/ 41 AA	36/50± 0/ 71 BB	8/00± 0/ 00 CB	37/367± 0/ 69 CB	12/365± 0/ 23 CB

حروف غیر مشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار ($p<0.05$) بسته به غلظت (حروف بزرگ) و بسته به دما (حروف کوچک) می‌باشد.

نتایج به صورت میانگین سه تکرار گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، عصاره سماق در سه شرایط دمای هوای ورودی مختلف (180°C ،160 ،140) و سه غلظت مختلف حامل مالتودکسترین (10، 20و 30%) با روش پاششی خشک شد. نتایج نشان داد که تمامی ویژگی‌های مورد آزمون به‌طور معنی‌داری ($p<0.05$) تحت تأثیر دمای هوای ورودی خشک‌کن و غلظت مالتودکسترین قرار گرفتند. اثر متقابل دما و غلظت مالتودکسترین تنها بر روی بازده تولید و فعالیت آبی پودرها معنی‌دار ($p<0.05$) بود. اگرچه با افزایش دما و غلظت مالتودکسترین راندمان تولید پودر افزایش و رطوبت و فعالیت آبی کاهش یافت، اما به دلیل کاهش انحلال‌پذیری پودر، افزایش بیش از اندازه در غلظت حامل و دما توصیه نمی‌گردد. همچنین افزایش بیشتر در غلظت حامل منجر به افزایش هزینه‌ها نیز می‌گردد. بنابراین در این پژوهش دمای 160 درجه سانتی‌گراد و غلظت 20% مالتودکسترین به‌عنوان شرایط بهینه معرفی می‌گردد. امکان استفاده از این محصول خشک شده در سیستم‌های غذایی بایستی در پژوهش‌های آینده مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد.

منابع

Abadio, F. D. B., Domingues, A. M., Borges, S. V., and Oliveira, V. M. (2004). Physical properties of powdered pineapple (Ananas comosus) juice – effect of maltodextrin concentration and atomization speed. Journal of Food Engineering, 64(3): 285–287.

Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R., Troung, V.(2004). Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling. Journal of Food Engineering, 62: 53–68.

Ahmadi Rad, M., Emam-Djomeh, Z., Asadi, H. (2016). Effect of spray drying conditions on the physicochemical properties of cornelian cherry juice powder. *Journal of Food Science and Technology*. 50 (13): 67-78.

Amin, Gh. (2005). Popular medicinal plants of Iran. 1st ed. Vice-chancellorship of Research, Tehran University of Medical Sciences. Iran, p: 178.

Azimi AA, Delnavaz HB and Mansour GA. (2006). Antifungal effect of aqueous alcoholic and phenolic extracts of seed and leaves of Sorghum bicolor against *Fusarium solani Fusarium poa* in Persian. Medical Plant, 6(1): 26-32.

Bayram, O. A., Bayram, M., Tekin, A.R. (2005). Spray drying of sumac flavor using sodium chloride, sucrose, glucose and starch as carriers. Journal of Food Engineering, 69: 253–260.

Bayram, O. A., Bayram, M., Tekin, A.R. (2008). Whey powder as a carrier in spray drying of sumac concentrate. Food Process Engineering, 31: 105–119.

Bhandari, B. R., and Hartel, R. W. (2005). Phase transitions during food powder production and powder stability. In C. Onwulata (Ed.), Encapsulated and powdered foods, 261–292.

Bhandari, B. R., Datta, N., and Howes, T. (1997). Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. Drying Technology, 15(2): 671–684.

Bhandari, B.R., Datta, N., Crooks, R., Howes, T., Rigby,S. (1997).A semi-empirical approach to optimize the quantity of drying aids required to spray dry sugar-rich foods. Drying Technology, 15: 2509–2525.

Cai, Y.Z., Corke, H., (2000). Production and properties of spray dried Amaranthus Betacyanin pigments. Journal of Food Science, 65 (6): 1248–1252.

Callahan, J. C., Cleary, G. W., Elefant, M., Kaplan, G., Kensler, T., Nash, R. A. (1982). Equilibrium moisture content of pharmaceutical excipients. Drug Development and Industrial Pharmacy, 8: 355–369.

Caliskan, G. Dirim, S. N. (2016). The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. *Powder Technology*, 287: 308–314.

Caliskan, G. Dirim, S. N. (2016). The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. Powder Technology, 287: 308–314.

Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., and Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 6(4): 420–428.

Chegini, G.R., Ghobadian, B. (2007). Spray Dryer Parameters for Fruit Juice Drying. World Journal of Agricultural Sciences 3 (2): 230-236, ISSN 1817-3047.

Chegini, G.R., Ghobadian, B., (2005). Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powder. Drying Technology, 23 (3): 657–668.

Desai, K. G. H., Park, H. J. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients. Drying Technology, 23: 1361-1394.

Fang, Y., Selomulya, C., Chen, X. D. (2008). On Measurement of Food Powder Reconstitution Properties. Drying Technology, 26: 3–14.

Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Kalbasi Ashtari, A., Omid, M., (2012). Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. Food and Bioproducts Processing, 90: 667-675.

Ferrari, C.C., Germer, S.P.M., and De Aguirre, J.M. (2012). Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder. Drying Technology, 30 (2): 154-163.

Fuchs M, Turchiuli C, Bohin M, Cuvelier ME, Ordonnaud Peyrat-Maillard MN, Dumoulin E. (2006). Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. Journal of Food Engineering, 75, 27–35.

G. Chen, H. Chen, Enhancement of Oil Extraction from Sumac Fruit using Steam-Explosion Pretreatment, *Food Chemistry*,126 (2011) 1934–1938.

Ghahreman, A. (1997). Flora of Iran. Vol. 16. Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran. , No. 1923.

Giancarlo, S., Rosa, L.M., Nadjafi, F., Francesco, M., (2010).Hypoglycaemic activity of two spices extracts: Rhus Coriaria L.and Bunium Persicum Boiss. Natural Product Research, 20 (9), 882–886.

Goula, A. M., Adamopoulos, K. G. (2004). Influence of spray drying conditions on residue accumulation_Simulation using CFD. Drying Technology (5), 1107-1128.

Goula, A. M., and Adamopoulos, K. G. (2008). Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties. Drying Technology, 26: 726-737.

Goula, A.M., Adamopoulos, K.G. (2008). Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: 1. Drying kinetics and product recovery. Drying Technology, 26: 714-725.

Goula, A.M., Adamopoulos, K.G. (2010). A new technique for spray drying orange juice concentrate. Innovative Food Science and Emerging Technologies 11: 342-351.

Goula, A.M., Adamopoulos, K.G., Kazakis, N.A. (2004). Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. Drying Technology, 22 (5): 1129–1151.

Grabowski, J.A., Truong, V.D., Daubert, C.R. (2006). Spray-drying of amylase hydroluzed sweetpotato puree and physicochemical properties of powder. Journal of food science, 71: 209-217.

Gündüz, G. T., Gönül, S. A., Karapinar, M. (2010). Efficacy of sumac and oregano in the inactivation of Salmonella Typhimurium on tomatoes. International Journal of Food Microbiology, 141: 39–44.

Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Isiri number: 2705. Determination of moisture content of Cereals and Cereal Products.

Jinapong, N., Suphantharika, M., Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. Journal of Food Engineering, 84: 194–205.

Kanakdande, D., Bhosale, R., Singhal, R.S., (2007). Stability of cuminoleoresin microencapsulated in different combination of gumarabic, maltodextrin and modified starch. Carbohydrate Polymers, 67: 536–541.

Kha, C.T., Nguyen, H.M., Roach, D.P. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (Momordica cochinchinensis) fruit aril powder. Journal of Food Engeeniring, 98: 385–392.

Knight, P. C. (2001). Structuring agglomerated products for improved performance. Powder Technology, 119: 14–25.

Kosar, M., Bozan, B., Temelli, F., Baser, K. H. C. (2007). Antioxidant activity and phenolic composition of Sumac (Rhus coriaria L.) extracts. Food Chemistry, 103: 952–959.

Krishnan, S., Bhosale, R., Singhal, R.S. (2005). Microencapsulationof cardamom oleoresin: evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. Carbohydrate Polymers, 61, 95–102.

Masters, K. (1991). Spray Drying Handbook, Longman Scientific & Technical, United Kingdom, 365–638.

Mishra, P., Mishra, S., Mahanta, C. L. (2013). Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (Emblica officinalis) juice powder Food and Bioproducts Processing, 92(3): 252–258.

Moreira, G.E.G., Costa, M.G.M., Rodrigues-de Souza, C.A., Brito-de, S.E., Mediiros-de, D.F.D.M., Azeredo-de, M.C.H. (2009). Physical properties of spray dried acerola pomace extract as affected by temperature and drying aids. LWT-Food Science and Technology, 42: 641–645.

Nadeem, H.S., Torun, M., Ozdemir, F., (2011). Spray drying of themountain tea (Sideritis strica) water extract by using differenthydrocolloid carriers. LWT Food Science and Technology, 44: 1626–1635.

Nasar-Abbas, S. M., Halkman, A. K., Al-Haq, M. I. (2003). Inhibition of some foodborne bacteria by alcohol extract of sumac (Rhus coriaria L.). Journal of Food Safety, 24(4): 257–267.

Peighambardoust, S.H., and Sarabandi, Kh. (2016). Effect of spray drying conditions on physicochemical, functional properties and production yield of malt extract powder. *Journal of Food Research*, 27(2): 75-90.

Papadakis, S.E., Gardeli, C., Tzia, C., (2006). Sprays drying of raisin juice concentrate. Drying Technology, 24: 173–180.

Quek, S.Y., Chok, N.K., Swedland, P., (2007). The physicochemical properties of spray dried watermelon powders. Chemical Engineering and Processing, 46 (5): 386–392.

Rayne, S., Mazza, G. (2007). Biological activities of extracts from sumac (Rhus spp.): a review. Plant Foods for Human Nutrition, 62: 165–175.

Rechinger, K. H. (1969). Flora Iranica, Anacardiaceae. Akademische Druck-u. Verlagsanstalt Graz-Astria, 63: 2.

Rodriguez-Hernandez, G.R., Gonzalez-Garcia, R., Grazales-Lagunes, A., Ruiz-Cabrera, M.A., Abud-Archila, M. (2005). Spray drying of cactus pear juice (Opuntia streptacantha): effect on the physicochemical properties of the powder and reconstituted product. Drying Technology, 23 (4): 955–973.

Schubert, H. (1993). Instantization of powdered food products. International Chemical Engineering, 33: 28–45.

Salimi, Z., Heydari, R., Nejati, V., Eskandari, A. (2012). Protective Effect of Aqueous Extract of Rhuscoriaria L. Fruit on Catalase Enzyme Activity and Histopathology of Liver in Alloxan-Induced Diabetic Rats. *Qom University of Medical Sciences Journa*l, 6(2): 44-52.

Sezik, E., Tabata, M., Yesilada, E. (1991). Traditional medicine in Turkey. 1. Folk medicine in northeast Anatolia. Journal of Ethnopharmacology, 35: 191–196.

Shafizadeh, F. (1990). Popular Medicinal Plants of Lorestan. Vol. 1, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, p: 115.

Shahidi, F., Han, X. Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. Critical Review in Food Science and Nutrition, 33: 501–547.

Shahidi, F., Varidi, M., Mohebbi, M., Noshad, N., Khalilian Movahed, M. (2014). Optimization of spray drying of pomegranate juice using response surface methodology. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(2): 129-142.

Shaikh, J., Bhosale, R., Singhal, R.S (2006). Microencapsulation of black pepper oleoresin. Food Chemistry. 94, 105–110.

Sousa, A.S.D., Borges, S.V., Magalhaes, N.F., Ricardo, H.V., Azavedo, A.D. (2008). Spray dried tomato powder: reconstitution properties and color. Brazilian Archives of Biology and Technology, 51 (4): 807–817.

Tonon, R.V., Brabet, C. Hubinger, M.D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (Euterpe oleraceae Mart.) powder produced by spray drying. Journal of Food Engineering, 88: 411-418.

Tonon, R.V., Brabet, C., Pallet, D., Brat, P., and Hubinger, M.D. (2009). Physicochemical and morphological characterisation of ascai (Euterpe oleraceae Mart.) powder produced with different carrier agents. International Journal of Food Science & Technology, 44 (10): 1950-1958.

Zargari, A. (1992). Medicinal plants. 5th ed. Tehran University Press. Iran. p: 561.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 2, June. July. 2018, p. 321- 334

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 2، خرداد- تیر 1397 ص. 334-321

Effects of different concentrations of maltodextrin and drying temperatures of spray drying process on physicochemical properties of encapsulated Sumac extract

N. Malekizadeh[1], S. H. Peighambardoust[*2], A. Olad Ghaffari[3], Kh.Sarabandi[4]

Received: 2017.01.30
Accepted: 2017.07.01

Introduction: Sumac is the common name of the Rhus genus, which contains over 250 individual species in the Anacardiaceae family. It is grown in temperate and tropical regions worldwide.Sumac is one of the most common spices used by people of the Mediterranean and Middle East regions. The sumac berries contain flavones, tannins, anthocyanins, and organic acids which provide antioxidant, antimicrobial and hypoglycemic activities. Due to spices maintenance problems caused by growth of microorganisms, flavor and color compounds losses, using spices extracts have recently been replaced. Although spices extract is sensitive to light, heat and oxygen and have a lower shelf life in poor storage conditions. Therefore, spices extract microencapsulation has been suggested by researchers. Spray drying is the most common and economical methods of microencapsulation. The aim of this study was to investigate the influence of different concentrations of maltodextrin and inlet air temperature on some properties of encapsulated sumac extract.

Materials and Methods: In the present study, the effects of three different inlet air temperatures (140, 160 and 180°C) and three different maltodextrin (DE=20-18) concentrations (10, 20 and 30%) on production efficiency, moisture content, water activity, solubility, hygroscopicity, wettability and color parameters of sumac extract spray dried powder were investigated. In all experiments, outlet air temperatures, atomizer rotational speed, feed flow rate and atomizer air pressure were kept constant at 80°C, 18000 rpm, 20 ml/min and 4±0.1 bar, respectively.

Results and Discussion: Production yield of the sumac powders varied from 44 to 57%. The addition of maltodextrin increased the product yield by preventing adhesion of the sumac extract on the dryer walls and also increasing the inlet air temperature caused an increase in product yield (P<0.05). The moisture content of spray dried sumac extract powders varied from 2.32 to 3.81% (P<0.05). The results showed that when the inlet air temperature increased, the moisture content of the powders decreased due to a high transfer rate at high operation temperatures. Increaseing the level of maltodextrin increased the level of feed solids and reduced the level of total moisture for evaporation. Water activity is considered as one of the most important quality factors especially for long term storage. The values of water activity under 0.6 are generally considered as microbiologically stable. Since the water activity values of sumac extract powders were between 0.319 and 0.335 the powders can be accepted as microbiologically. The water activity of the samples decreased with higher inlet air temperatures and with the addition of maltodextrin concentration (P<0.05). The solubility of the samples decreased with higher inlet air temperatures and with the addition of maltodextrin (P<0.05). At lower inlet temperature, the evaporation rate was slower, producing powders with higher moisture content. This type of powders had a higher tendency of agglomeration which helped to increase the reconstitution of the powders. On the other hand, at higher inlet temperature, a hard surface layer might be formed over the powder particle. This could prevent water molecules from diffusing through the particle. The obtained hygroscopicity values are not to be considered as absolute values, since the powders were exposed to abusive conditions. Increasing inlet air temperature reduced the hygroscopicity of powders. Also observed a reduction in hygroscopicity with increasing maltodextrin concentrations in spray dried sumac extract powder. Maltodextrin is a material having the property

1, 2 and 4. MSc graduated, Professor and PhD student, Department of Food Science and Technology, College of agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3. Academic Staff Member of Food Research Group, Food and Agriculture Research Department, Standard Research Institute, Karaj, Iran.
(*Corresponding author e-mail: peighambardoust@tabrizu.ac.ir)

of low hygroscopicity and its utility as a carrier material for spray drying. Wettability is the ability of the powder particles to overcome the surface tension between themselves and water. An increase in maltodextrin concentration in sumac extract powders led to a decrease ($P<0.05$) in the wettability time of the powders. The average wettability time of sumac extract powders decreased ($P<0.05$) with increasing inlet air temperature. It was found that when the inlet air temperature and the maltodextrin concentration increased, the L* values increased but a*, b*, chroma and hue values decreased ($P<0.05$). An increase in inlet temperature produced lighter product indicates that the pigments had undergone oxidation. The other reason for higher degree of lightness of the sumac powder at higher inlet temperature may be attributed to the reduced rate of oxidation of the tannins. Tannins react slowly with iron in the absence of oxygen and form dark colored complex. Probably during the rapid rate of drying in a spray dryer, tannins get very little time to react with iron as availability of oxygen is reduced and therefore the powder color had lessened. The present work describes the possibility of producing sumac extract powder by spray drying and the changes in some of the physical and chemical properties of the powders depending on the inlet temperature and maltodextrin additions. The physical and chemical properties of the spray dried sumac extract powders were significantly affected by both the inlet air temperature and maltodextrin additions ($P < 0.05$). In conclusion, inlet temperature of 160 °C and maltodextrin concentration of 20% reported as an optimum point, and it is possible to maintain desirable properties and reduce quality loss of sumac extract powder during spray drying process in a pilot scale production. The possible uses of this dried product in food systems and storage potential should be studied in future projects.

Keywords: Maltodextrin, Microencapsulation, Spray drying, Sumac, Wettability